

温度与花绒寄甲发育及生殖关系的研究

李有忠¹, 杨忠岐², 李孟楼³

(1 陕西省森林病虫害防治检疫总站, 陕西 西安 710082; 2 中国林业科学研究院 森林生态环境与保护研究所, 北京 100091;

3 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘要] 【目的】确定温度与花绒寄甲卵、幼虫、茧蛹发育的关系, 为其人工饲养提供依据。【方法】分别用不同温度处理花绒寄甲的卵、幼虫、蛹和成虫, 每天定时观察记录其孵化、发育、化蛹和羽化情况, 以及不同营养条件下成虫的死亡数量和产卵情况。【结果】花绒寄甲卵期发育速率与温度的关系符合幂指数模型, 有效积温 K 和发育起点温度 C 分别为 $(126.09 \pm 9.58) \text{ d} \cdot ^\circ\text{C}$ 和 $(12.802 \pm 0.330 \text{ 2}) ^\circ\text{C}$; 幼虫期和茧蛹期发育速率与温度的关系符合指数模型, K 、 C 分别为 $(139.0 \pm 8.29) \text{ d} \cdot ^\circ\text{C}$, $(11.7 \pm 0.58) ^\circ\text{C}$ 和 $(265.24 \pm 9.00) \text{ d} \cdot ^\circ\text{C}$, $(13.9 \pm 0.99) ^\circ\text{C}$ 。在缺乏营养及 $16 \sim 19 ^\circ\text{C}$ 条件下, 花绒寄甲成虫蛆群死亡率达 50% 的时间为 62.2~63 d, 当饲料供给充足时, 在 $22 \sim 25 ^\circ\text{C}$ 条件下成虫的产卵量最大。【结论】保障食物供给后, 花绒寄甲成虫在所有温度处理下的寿命均达 5 年以上, 其饲养和繁殖的最适宜温度为 $22 ^\circ\text{C}$ 。

[关键词] 花绒寄甲; 温度; 发育; 繁殖

[中图分类号] S769

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2009)02-0125-05

Study on the relationship between temperature and the growth and procreation of *Dastarcus helophoroides* Fairmaire

LI You-zhong¹, YANG Zhong-qi², LI Meng-lou³

(1 Shaanxi Province General Station of Forest Pest Control and Quarantine, Xi'an, Shaanxi 710082, China;

2 Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China;

3 College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】The relationship between temperature and the development of the egg, larva and cocoon of *Dastarcus helophoroides* Fairmaire was ascertained, and provided evidence for its artificial rearing. 【Method】The egg, larva and cocoon of *D. helophoroides* were treated with different temperatures. The incubation, development, pupation and eclosion of *D. helophoroides* were observed timely every day, the amount of death and oviposition of *D. helophoroides* adults under different nutrient conditions were observed too. 【Result】The relationship between temperature and the development of the egg period of *D. helophoroides* accorded with power index model. The value of effective accumulated temperature (K) and the developmental threshold temperature (C) were $(126.09 \pm 9.58) \text{ d} \cdot ^\circ\text{C}$ and $(12.802 \pm 0.330 \text{ 2}) ^\circ\text{C}$. The relationship between temperature and the development of larva and pupal stage accords with parabolic type, and the values of C and K were $(139.0 \pm 8.29) \text{ d} \cdot ^\circ\text{C}$, $(11.7 \pm 0.58) ^\circ\text{C}$ and $(265.24 \pm 9.00) \text{ d} \cdot ^\circ\text{C}$, $(13.9 \pm 0.99) ^\circ\text{C}$. In the condition of nutritional deficiency and the temperature in the range of $16 \sim 19 ^\circ\text{C}$, the adults' mortality reached 50% at 62.2—63 d. Under the opposite conditions, when the temperature was $22 \sim 25 ^\circ\text{C}$, the adults' fecundity was greatest. 【Conclusion】The duration of adults' lives can be more than

* [收稿日期] 2008-03-26

[基金项目] 国家“十一五”科技攻关项目(2006BAD08A1201); 陕西省重点项目(2005K01-G14)

[作者简介] 李有忠(1964—), 男, 陕西乾县人, 高级工程师, 主要从事森林昆虫研究。

[通信作者] 李孟楼(1957—), 男, 陕西富平人, 教授, 博士生导师, 主要从事森林害虫防治研究。

5 years under all temperature treatment if the intake of nutrition is sufficient, from this situation, the optimum temperature for breeding is 22 °C.

Key words: *Dastarcus helophoroides*; temperature; development; breeding

花绒寄甲(又称花绒坚甲、花绒穴甲, *Dastarcus helophoroides* Fairmaire)对控制光肩星天牛(*Anoplophora glabripennis* (Forster))等天牛幼虫的危害有良好效果,研究其人工饲养技术对花绒寄甲的批量繁殖具有重要意义^[1-12]。在人工大量饲养和繁殖中,控制适宜的温度等饲养条件,将会使花绒寄甲发育速率较为整齐,释放利用时亦能获得需要的、处于特定发育阶段的一定量个体。因此,研究花绒寄甲发育与温度的关系,可为人工繁殖时控制其发育进程提供依据。

王卫东等^[13-14]报道了花绒寄甲幼虫期的发育起点温度和有效积温,但有关花绒寄甲卵期和茧蛹期的发育起点温度和有效积温,卵期、幼虫期、茧蛹期发育与温度的关系,以及成虫期产卵规律和温度的关系等尚未见报道。因此,本试验在人工繁育条件下,研究了花绒寄甲各发育阶段与温度的关系,以期确定能使其寿命更长、产卵量更大的饲养温度条件。

1 材料与方法

1.1 材料

花绒寄甲为西北农林科技大学林学院森林昆虫实验室通过室内人工繁育所得。

1.2 方法

试验于 2002~2004 年在实验室条件下进行。

1.2.1 花绒寄甲不同发育阶段的发育起点温度与有效积温 根据预试验结果,花绒寄甲卵在 16 °C 时发育极慢、易霉变,幼虫在 28 °C 下死亡率高,茧蛹在 16 °C 下易霉变,在 28 °C 下易因干燥而死。因此,将成虫当天产出的卵,按每组 80~100 粒放置于有保湿棉球的培养皿内,分别于 19, 21, 25 和 28 °C 下处理,每天定时观察、记录孵出的幼虫数量。将花绒寄甲初孵幼虫接种于寄主光肩星天牛 7 龄幼虫后,再放置于凿有人工天牛幼虫坑道的木块内^[9],每组 30 头,分别在 16, 19, 22 和 25 °C 下饲养,每天定时观察、记录开始结茧的幼虫数量。由于该虫在茧内化蛹、破茧则死亡,因此将已开始结茧的老熟幼虫放置于相同的木块后,每组 25 头,分别在 21, 23 和 25 °C 下处理,每天定时观察、记录羽化的成虫数量。发育起点温度(C)与有效积温(K)的计算均采用最小二乘法^[15],发育速率(V)为发育时间(t)的倒数,即 $V=$

$1/t$,饲养温度(T)与发育速率的关系用统计分析法模拟。

1.2.2 花绒寄甲成虫死亡率与温度的关系 要人工批量繁殖花绒寄甲,必须明确其发育起点温度和有效积温,确定成虫能正常存活、具有最长寿命及最大产卵量的饲养温度,为此在 15, 18, 21, 24 和 28 °C 处理下分别放置 35 头成虫,各处理均分别用老树皮、枯枝落叶、虫道木丝、新枝条、滤纸、朽木块、虫粪等作为营养欠缺条件,用人工饲料混合天然饲料作为营养充足条件饲养 87 d,研究其在不同营养状态条件下死亡率达 50% 时的时间(d),以确定饲养成虫时的最佳温度。

1.2.3 花绒寄甲成虫产卵量与温度的关系 供试花绒寄甲成虫寿命长达 5 年以上,每年春、秋各有一产卵期^[9,16]。因此按每组 80~110 头,分别在 16, 19, 22 和 25 °C 条件下,以冻干蛋黄、蚕蛹粉、干酵母、蔗糖和杨树皮粉为主要成分的人工配合饲料,及蟋蟀干尸体为天然饲料(以保障其食物和营养供给充分)连续饲养、观察 4 年,分别记录、统计其当年第 1、第 2 产卵阶段(产卵期)的平均产卵量,以确定成虫产卵时的最佳饲养温度。

2 结果与分析

2.1 花绒寄甲不同发育阶段的发育起点温度和有效积温

本试验结果表明,花绒寄甲卵的发育起点温度 C 为 $(12.802 \pm 0.330 \pm 2) ^\circ\text{C}$,有效积温 K 为 $(126.09 \pm 9.58) \text{ d} \cdot ^\circ\text{C}$;幼虫的发育起点温度 C 为 $(11.7 \pm 0.58) ^\circ\text{C}$,有效积温 K 为 $(139.0 \pm 8.29) \text{ d} \cdot ^\circ\text{C}$;茧蛹的发育起点温度 C 为 $(13.9 \pm 0.99) ^\circ\text{C}$,有效积温 K 为 $(265.24 \pm 9.00) \text{ d} \cdot ^\circ\text{C}$ 。

2.2 花绒寄甲发育与温度的关系

2.2.1 发育速率与温度的关系 花绒寄甲卵期、幼虫期、茧蛹期的饲养温度(T)与发育速率(V)的关系分别为: $V_{\text{卵期}} = 0.008 2e^{0.096 6T}$, $R^2 = 0.998 6$; $V_{\text{幼虫期}} = -0.000 5T^2 + 0.025 6T - 0.263 8$, $R^2 = 0.979 3$; $V_{\text{茧蛹期}} = -0.000 6T^2 + 0.031 6T - 0.368 7$, $R^2 = 0.984 5$,分别如图 1 所示。

由图 1 及各发育阶段 T 与 V 的关系模型可知,花绒寄甲卵期发育速率与温度的关系呈幂函数变

化,而幼虫和茧蛹期呈指数变化。当温度达最适宜温度时,幂指数发育趋势的理论值接近无穷大,而指数模型发育趋势具有一个相对恒定的理论值。因

此,在发育起点温度至最适温度之间,花绒寄甲卵期的发育对温度相对敏感,发育速率较快,而幼虫期和茧蛹期的发育速率增加趋势较缓慢。

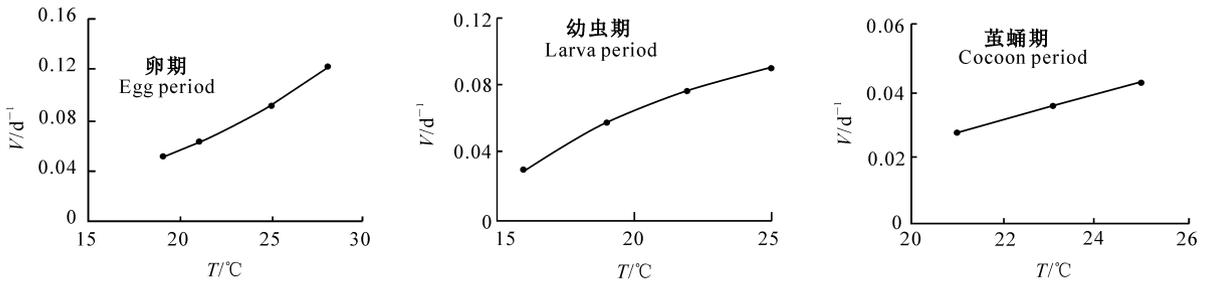


图 1 饲养温度 (T) 与花绒寄甲卵期、幼虫期、茧蛹期发育速率 (V) 的关系

Fig. 1 Relation between breeding temperature (T) and development rate (V) of eggs, larva and cocoon period

2.2.2 死亡率与温度的关系 在不同温度条件下 饲养花绒寄甲 87 d, 成虫的死亡率 (S) 与饲养时间

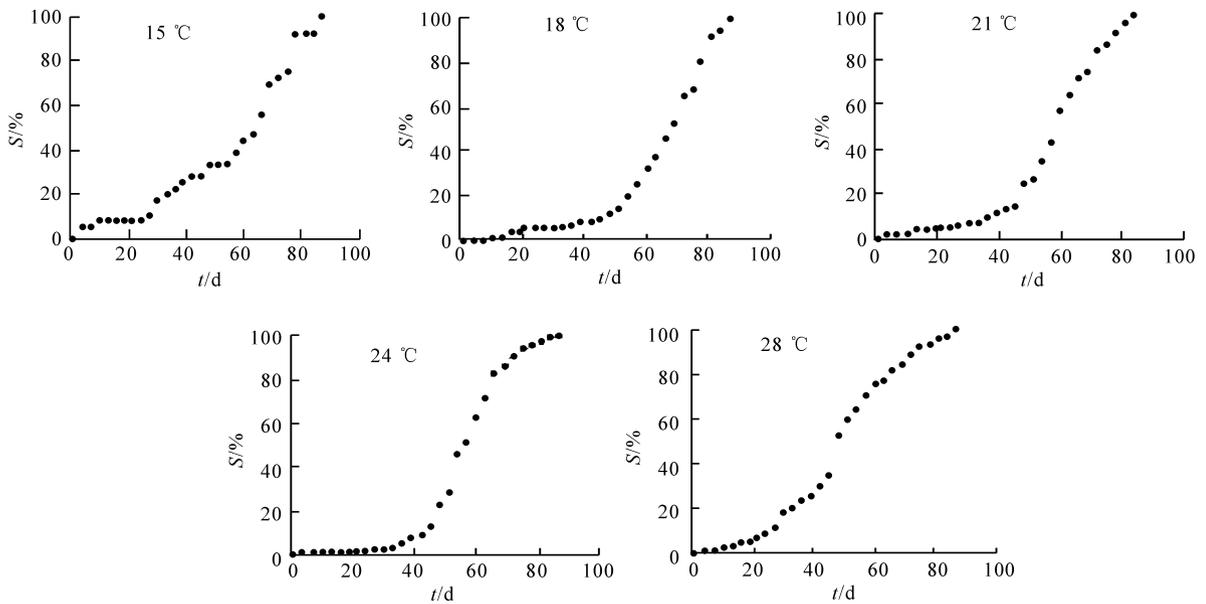


图 2 不同饲养温度下花绒寄甲成虫死亡率 (S) 与饲养时间 (t) 的关系

Fig. 2 Relation between death rate and feeding times in different temperatures

图 2 表明,15 °C 下花绒寄甲成虫死亡率模型符合 $S_{15} = 1/[1 + \exp(3.2923 - 0.0542t)]$, $R^2 = 0.9694$, 当连续饲养至死亡率达 50% 时的时间 $LSD_{50} = 60.7435$ d。同理,在温度为 18, 21, 24 和 28 °C 下,花绒寄甲成虫死亡率模型分别为: $S_{18} = 1/[1 + \exp(5.2799 - 0.0814t)]$, $R^2 = 0.9174$, $LSD_{50} = 64.8636$ d; $S_{21} = 1/[1 + \exp(4.8772 - 0.0861t)]$,

$R^2 = 0.9512$, $LSD_{50} = 56.6458$ d; $S_{24} = 1/[1 + \exp(7.2970 - 0.1295t)]$, $R^2 = 0.9830$, $LSD_{50} = 56.3475$ d; $S_{28} = 1/[1 + \exp(4.7594 - 0.0966t)]$, $R^2 = 0.9911$, $LSD_{50} = 49.2692$ d。即在饲养温度为 18~28 °C 时,随温度升高,成虫死亡率达 50% 的时间缩短(表 1)。

表 1 不同温度条件下花绒寄甲成虫死亡率达 50% 时的理论时间

Table 1 Theoretic days of 50% *Dastarcus helophoroides* adult death rate in lack of nutrition and different temperatures

温度/°C Temperature	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
死亡率达 50% 的时间 Days of 50% death lever	61.33	62.52	62.99	62.86	62.21	61.15	59.78	58.20	56.51	54.81	53.21	51.79	50.66	49.42

在 15~28 ℃ 条件下,花绒寄甲成虫 LSD_{50} 的变化符合 $LSD_{50} = 0.0167T^3 - 1.1573T^2 + 25.0220T - 109.9700$, $R^2 = 0.8752$ (图 3)。由该模型得表 1 并可知, LSD_{50} 的最大取值温度区间为 16~19 ℃, 在该温度区间内其理论 LSD_{50} 为 62.21~62.99 d。因此在不同营养状态条件下, 在 16~19 ℃ 下饲养的成虫寿命较长。

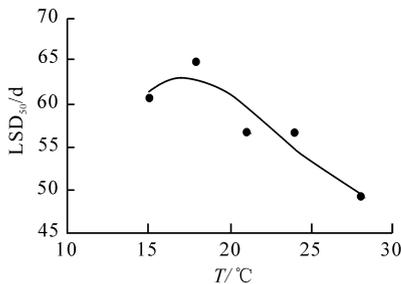


图 3 花绒寄甲成虫死亡率达 50% 的时间与饲养温度的关系

Fig. 3 Relation between half death rate and feeding temperature

2.3 花绒寄甲成虫产卵量与温度的关系

分别在 16, 19, 22 和 25 ℃ 条件下, 连续饲养花绒寄甲成虫 4 年, 其第 1、第 2 代的产卵量与温度的关系如图 4 所示。对花绒寄甲连续 8 个世代的研究表明, 虽然该成虫第 1 代的产卵量在各温度处理间的差别较小, 但仍以 22 和 25 ℃ 条件下较多, 第 2 代的产卵量在 22 ℃ 下明显较多。因此在人工繁殖时, 为获得最大产卵量, 应将成虫饲养于 22 ℃ 左右的条件下。

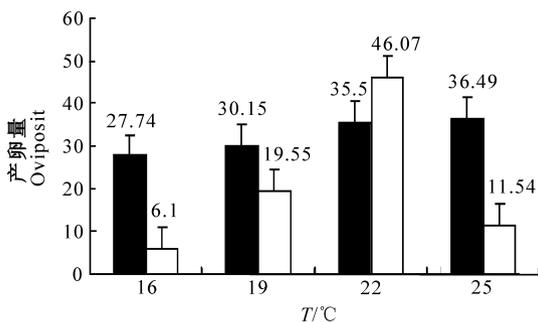


图 4 花绒寄甲第 1 代和第 2 代成虫产卵量与温度的关系
■. 第 1 代; □. 第 2 代

Fig. 4 The relation between temperature and eggs of the first and second generation
■. First generation; □. Second generation

3 结 论

本研究结果表明, 花绒寄甲卵期、幼虫期、茧蛹

期的发育起点温度和有效积温分别为 (12.802 2 ± 0.330 2), (11.7 ± 0.58), (13.9 ± 0.99) ℃ 和 (126.09 ± 9.58), (139.0 ± 8.29), (265.24 ± 9.00) d · ℃, 其中幼虫期的发育起点温度和有效积温与文献报道的结果相近^[13-14]。花绒寄甲卵期发育速率与温度的关系呈幂指数变化趋势, 幼虫期和茧蛹期则呈指数变化, 即在发育起点温度至最适温度之间, 花绒寄甲卵期的发育对温度相对敏感, 发育速率较快, 而幼虫期和茧蛹期的发育速率较缓慢。在不同营养条件下, 将成虫饲养于 16~19 ℃ 时其寿命较长; 但在营养充足时, 成虫第 1 代的产卵量在 22 和 25 ℃ 条件下较多, 第 2 代的产卵量在 22 ℃ 时明显较多。

综合上述研究结果, 花绒寄甲卵期对温度反应敏感, 人工饲养繁殖时应根据严格控制卵期的发育温度。在营养欠缺和营养供给充足 2 类极端状态下, 获得了成虫在忍耐饥饿条件下寿命最长的适宜存活温度为 16~19 ℃, 产卵量最大的适宜温度为 22~25 ℃, 表明人工繁殖饲养时如将其养殖于 16~19 ℃ 条件下, 则不能获得理想的繁殖量。因此, 人工繁殖时在 22 ℃ 左右饲养成虫, 可获得最大产卵量。

此外, 研究过程中发现, 各处理组的成虫产卵量有逐年降低的现象, 部分雌成虫至第 3 年后不再产卵。该现象是否因成虫具有产卵后再次交尾受精、而人为分组使其不能交尾, 还是成虫经过连续数年多次产卵后生殖器官衰老所致, 尚有待进一步研究。如果成虫具有连续多年产卵后生殖器官衰老的现象, 应在人工饲养繁殖时定期淘汰生殖力已衰退的雌成虫。

[参考文献]

- [1] 周嘉熹, 鲁新政, 逯玉中. 引进花绒竖甲防治黄斑星天牛试验报告 [J]. 昆虫知识, 1985, 22(2): 84-86.
Zhou J X, Lu X Z, Lu Y Z. Test report on *Dastarcus helophoroides* for control *Anoplopora nobilis* [J]. Entomological Knowledge, 1985, 22(2): 84-86. (in Chinese)
- [2] 秦锡祥, 高瑞桐. 花绒竖甲生物学特性及应用研究 [J]. 昆虫知识, 1988, 25(12): 109-112.
Qin X X, Gao R T. Study on the biological feature and application of *Dastarcus longulus* [J]. Entomological Knowledge, 1988, 25(12): 109-112. (in Chinese)
- [3] 王希蒙, 任国栋, 马 峰. 花绒穴甲的分类地位及应用前景 [J]. 西北农业学报, 1996, 5(2): 75-78.
Wang X M, Ren G D, Ma F. Classification position of *Dastarcus helophoroides* and its applied prospects [J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 1996, 5(2): 75-78. (in Chinese)

- [4] Piel S T. Note sur le parasitisme de *Dastarcus helophoroides* Fairmaire (Coleoptera; Colydiide)[J]. Mus Heude Noves Entomologie Chinoise, 1938, 5(1): 1-15.
- [5] Ogura N, Tabata K, Wang W. Rearing of the colydid beetle predator, *Dasstarcus helophoroides*, on artificial diet [J]. Bio Control, 1999, 44: 291-299.
- [6] Kosaka H, Ogura N. Rearing of the Japanese pine sawyer, *Monochamus alternatus* (Coleoptera; Cerambycidae) on artificial diets[J]. Appl Emt Zool, 1990, 25: 532-534.
- [7] 李孟楼, 李有忠, 薛思林, 等. 花绒坚甲的分布型及其在天牛虫道内的生态位研究 [J]. 西北林学院学报, 2007, 22(2): 97-100. Li M L, Li Y Z, Xue S L, et al. Study on the distribution characteristics of *Dastarcus helophoroides* and its ecological niche in living larvae tunnels of longhorne beetle [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2007, 22(2): 97-100. (in Chinese)
- [8] 李孟楼, 王培新, 马峰, 等. 花绒坚甲对光肩星天牛的寄生效果研究 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2007, 35(6): 152-156. Li M L, Wang P X, Ma F, et al. Study on the parasitic efficiency of *Dastarcus helophoroides* on *Anoplophora glabripennis* [J]. Journal of Northwest A&F University: Nat Sci Ed, 2007, 35(6): 152-156. (in Chinese)
- [9] 雷琼, 李孟楼, 杨忠岐. 花绒坚甲的生物学特性研究 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2003, 31(2): 62-66. Lei Q, Li M L, Yang Z Q. A study on biological feature of *Dastarcus longulus* [J]. Journal of Northwest A & F University: Nat Sci Ed, 2003, 31(2): 62-66. (in Chinese)
- [10] Inoue E. Studies on the natural enemy of *Monochamus alternatus* Hope, *Dastarcus longulus* Sharp (Coleoptera: Colydiidea) [J]. Bull Okayama Prefectural Forest Experiment Station, 1991(10): 40-47.
- [11] Miura K, Abe T, Nakashima Y, et al. Field release of parasitoid *Dastarcus helophoroides* (Fairmaire) (Coleoptera: Bothrideridae) on pine logs infested with *Monochamus alternatus* Hope (Coleoptera: Cerambycidae) and their dispersal [J]. Journal of Japanese Forestry Society, 2003, 85(1): 12-17.
- [12] 杨忠岐. 利用天敌昆虫控制我国重大林木害虫研究进展 [J]. 中国生物防治, 2004, 20(4): 221-227. Yang Z Q. Advance in bio-control researches of the important forest insect pests with natural enemies in China [J]. Chinese Journal of Biological, 2004, 20(4): 221-227. (in Chinese)
- [13] 王卫东, 小仓信夫. 花绒穴甲室内发育研究 [J]. 北京林业大学学报, 1999, 21(4): 43-47. Wang W D, Nobuo O. *Dastarcus helophoroides* growth in the laboratory [J]. Journal of Beijing Forestry University, 1999, 21(4): 43-47. (in Chinese)
- [14] 王卫东, 赵军, 小仓信夫. 花绒穴甲幼虫人工饲料的开发研究 [J]. 北京林业大学学报, 1999, 21(4): 48-51. Wang W D, Zhao J, Nobuo O. Artificial fodder ingredient for *Dastarcus helophoroides* larvae [J]. Journal of Beijing Forestry University, 1999, 21(4): 48-51. (in Chinese)
- [15] 李孟楼, 吴定坤, 刘朝斌, 等. 温度对落叶松叶蜂实验种群生长发育的影响 [J]. 西北农业学报, 1992, 7(4): 88-94. Li M L, Wu D K, Liu C B, et al. Effect of temperature on growth and development of experimental population of darch-sawfly [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 1992, 7(4): 88-94. (in Chinese)
- [16] 王小东, 黄焕华, 许再福, 等. 花绒坚甲的生物学和生态学特性研究初报 [J]. 昆虫天敌, 2004(2): 60-65. Wang X D, Huang H H, Xu Z F, et al. Primary study on the bionomics of *Dastarcus helophoroides* (Fairmaire) [J]. Natural Enemies of Insects, 2004(2): 60-65. (in Chinese)